ЭНЕРГО СБЕРЕЖЕНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Ежемесячный производственно-технический журнал

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНЭНЕРГО РОССИИ, ПАО “ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ ЕЭС”, КОРПОРАЦИЯ “ЕДИНЫЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС”, НТФ “ЭНЕРГОПРОГРЕСС”, НП “НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕЭС”

11 Ноябрь 2019

Издается с августа 1944 года

Москва, НТФ “Энергопрогресс”

СОДЕРЖАНИЕ

Проекты и исследования

Сазыкин В. Г., Багметов А. А. Оптимизация электрической сети по показателям надежности SAIDI, SAIFI с использованием платформы PSS®SINCAL 2

Куликов А. Л., Соснина Е. Н., Крюков Е. В., Колесников А. А. Дифференциальная защита системы тиристорного регулятора напряжения с применением метода двойной записи 10

Ибрагимов Н. Ю. Термическое разрушение силикатного покрытия трубы 21

Экономия энергетических ресурсов

Карелин А. Н., Карелин Е. Н. Управление режимами электроснабжения судоремонтного предприятия 24

Общая и прикладная ценология

Сизганова Е. Ю., Южанников А. Ю. Оценка энергоэффективности крупной торговой сети 30

Хорьков С. А. Трактат о ценозе 37

Альтернативные источники энергии

Щербак А. П., Тишков С. В., Каргинова-Губинова В. В. Перспективы развития солнечной энергетики на севере России 43

Охрана труда

Халин Е. В. Требования к системам электронного обучения безопасности производства 47

Хроника

Жуков В. В., Минеин В. Ф. Интеграция цифровизации в электроэнергетику в тематике докладов сессии СИГРЭ 2020 г. 53

© НТФ “Энергопрогресс”, “Промышленная энергетика”, 2019 г.

Трактат о ценозе

Хорьков С. А., инж.

Удмуртский государственный университет, Ижевск

Общепринятого определения ценоза не существует, поскольку понятие ценоза противоречиво. Противоречие в понятии и модели ценоза возникает потому, что величина распределённого в элементах ресурса конечна и аддитивна, а распределение элементов по степенно́й зависимости (по гиперболе) мультипликативно и стремится к бесконечности. Работать с противоречивой моделью возможно, если указать на такой реально или идеально существующий объект (форму объекта), который являлся бы моделью и сочетал бы в себе противоположные стороны, т. е. сочетал одновременно и конечное, и бесконечное. Кроме того, такая модель позволяла бы дать такое разъяснение значений и смыслов, придаваемых её элементам, которое без указанной модели получить невозможно. Модель, отвечающая указанным требованиям, названа паранепротиворечивой. Приведены виды паранепротиворечивых статических и динамических моделей ценоза, с которыми работают на практике.

Ключевые слова: ценоз, паранепротиворечивая модель ценоза.

1. **Введение в ценозы.** Под ценозом понимают сообщество элементов, между которыми установлен некоторый вид связи. Эта связь обусловлена распределением некоторого ресурса между элементами. Ресурс может быть материальным, энергетическим или информационным. Не любое сообщество элементов со связями является ценозом, а лишь такое, элементы которого подобны друг другу и тому целому, которое они образуют. Отсюда: связи порождают иерархическую ветвящуюся и соответствующую ей степенну́ю (гиперболическую) структуру. Элементы ценоза могут быть охарактеризованы тем, что они принимают (воплощают в себе) определённое количество ресурса, а связи показывают, каковы отношения между элементами и каким образом ресурс распределён в ценозе.

Трактат опирается на работы Б. И. Кудрина и его учеников, а также на работы математиков Колмогорова, Хинчина, Гнеденко, Прохорова, Аносова, Громова, Смейла, Леви, Мандельброта, Шредера и многих других. При написании трактата автор решил отказаться от приведения формул.

2. **Противоречие в понятии и в модели ценоза.** Общепринятого определения ценоза не существует. И это объясняют не только тем, что есть множество дополнительных признаков, которые стараются учесть в одном определении, что подчас сделать чрезвычайно трудно (или даже невозможно), сколько тем, что ценоз в некотором смысле внутренне противоречив. Противоречие возникает потому, что величина распределённого в элементах ценоза ресурса обозрима, т. е. конечна и аддитивна и её можно выразить рациональным числом, а распределение элементов по степенно́й зависимости (гиперболе) мультипликативно и стремится к бесконечности. Для математика здесь может и не быть противоречия, он привык работать одновременно как с конечными величинами, так и с бесконечно малыми, с бесконечно большими или с иррациональными величинами. Для инженера и физика модель, объединяющая конечное аддитивное и бесконечное мультипликативное, внутренне противоречива. Однако, если оговорить форму модели и некоторые условия её употребления, то с такой моделью инженер может работать, не испытывая внешних и внутренних неудобств. Для этого необходимо указать на такой реально или идеально существующий объект (форму объекта), который являлся бы моделью и сочетал бы в себе противоположные стороны, т. е. сочетал одновременно и конечное и бесконечное. Кроме того, такая модель должна иметь приемлемую интерпретацию. Другими словами, модель позволяла бы дать такое непротиворечивое разъяснение значений и смыслов, придаваемых её элементам, которое без указанной модели получить невозможно. Модель, отвечающую указанным требованиям, назовём паранепротиворечивой.

3. **Виды статических и динамических моделей ценоза.** Существуют статические и динамические модели ценозов. Статические модели показывают, как сопряжены ресурсный и структурный уровни ценоза. Эти модели помогают ответить на вопрос: почему при накопленной величине ресурса структура ценоза приобретает строго определённый вид. Динамические модели показывают, как фор-

мируется структура ценоза во времени. Для инженера важно построить такую форму статической модели ценоза, которая позволяла бы приемлемым способом соединить ресурс и его распределение. Такой моделью является паранепротиворечивая модель, объединяющая конечный ресурс и его распределение на теоретически бесконечном пространстве или в теоретически бесконечной сети. Конкретных вариантов таких двухслойных моделей может быть несколько. Их примерами будут: числовая, геометрическая, алгебраическая и термодинамическая модели. Модель динамики ценоза показывает, как формируется иерархическая структура во времени. Очевидно, что и динамических моделей может быть несколько. Наиболее известны из них: вероятностная модель ветвящихся процессов, модель на основе динамических гиперболических систем и фрактальная модель. Поскольку одной из задач ценологии является установление статистической устойчивости ценоза, то к динамическим моделям следует отнести вероятностную модель устойчивых законов распределения.

4. **Статические модели ценоза.** Паранепротиворечивые статические модели ценоза ориентированы на сопряжение конечного и бесконечного в едином объекте.

В качестве такой модели выступает числовая модель. Поле рациональных чисел может быть расширено при помощи числовых норм в двух и только в двух направлениях. Одно расширение (пополнение) называют полем вещественных чисел, другое — полем p-адических чисел. На поле вещественных чисел получают модель величины конечного ресурса, на поле целых p-адических чисел, интерпретируемом в виде бесконечно ветвящихся деревьев, получают модель распределения ресурса. Обе модели исходят из одного основания — пóля рациональных чисел. Заметим, что рациональные числа являются “физическими” числами, поскольку именно в этих числах представляют результаты физических измерений. Числовая модель ценоза позволяет обосновать его степеннóе (гиперболическое) распределение, а также обосновать закон масштабирования, связывающий через степеннóй инвариант два различных ресурса на одной и той же иерархической структуре. В этом случае инвариантом является логарифм одного ресурса по основанию другого. Элементы иерархической ветвящейся структуры имеют экспоненциальное распределение. Уровни иерархической ветвящейся структуры имеют степеннóе (гиперболическое) распределение ресурса.

Формы, в которых одновременно воплощены конечное и бесконечное, известны в геометрии. Геометрической моделью ценоза является гиперболическая модель. Ортогональные сечения гиперболоида и его асимптотического конуса имеют вид окружности и гиперболы. Количество таких сечений может быть счётным. Площадь окружности сечения позволяет задать конечную величину ресурса, а гипербола соответствует иерархическому распределению ресурса. Гиперболическая модель ценоза является качественной моделью, позволяющей показать, что конечное значение ресурса может быть сопряжено с распределением элементов, имеющим тренд к бесконечности.

Гиперболическое пространство модели ценоза, используя метод крупномасштабной геометрии, представляют иерархическим деревом (сетью) и гиперболической группой. Группа — есть множество элементов с двухместной ассоциативной операцией (два любых элемента группы порождают третий элемент группы), с нульместной операцией (группа имеет единичный элемент), одноместной операцией (каждый элемент группы имеет обратный элемент). Гиперболическая группа — это конечно порождённая группа как гиперболическое метрическое пространство. Метрика на этом пространстве является словарной. Метрика – есть неотрицательная функция двух точек пространства, удовлетворяющая аксиомам тождества, симметрии, треугольника. Её вводят через граф Кэли гиперболической группы.

Установлены следующие свойства гиперболических групп.

1. Гиперболических групп много, гиперболическими являются случайные группы. Конечное групповое представление с большой вероятностью задаёт гиперболическую группу.

2. У гиперболических групп есть границы. Граница — есть функториально построенное компактное пространство, на котором гиперболическая группа действует гомеоморфизмами. Многие свойства группы восстанавливают по её известной границе. Например, множество Кантора — это граница безгранично делимого иерархического дерева.

3. Гиперболическая граница позволяет построить компактное гиперболическое про-

странство. Отсюда существует выход на структурную устойчивость в смысле Аносова и Смейла.

4. Гиперболической группой является плоскость Лобачевского, которая обладает свойством конформности.

5. Так как тонкий треугольник является симплексом того комплекса, который представляет собой гиперболическое пространство, то гиперболическая группа является комбинаторной группой.

6. Граф Кэли гиперболической группы представляет иерархическое ветвящееся метрическое пространство.

Определив ценоз через гиперболическую группу, переносят известные свойства этой группы на модель ценоза.

В термодинамике задачу поиска распределения ограниченного количества энергии по элементам некоторого сообщества решают вариационным методом. Обычно это задача на условный экстремум. Она включает максимизируемый энтропиеобразный критерий, баланс энергии, представленный через составляющие элементы, и выражение для конечной суммы всех элементов. В этой задаче тренд стремления структурного критерия к максимуму (к бесконечности) и конечное значение ресурса связаны, поэтому она представляет собой одну из форм паранепротиворечивой статической модели ценоза. Решение задачи позволяет получить экспоненциальное распределение элементов в функции от количества принимаемой элементами сообщества энергии. Если количество принимаемой элементами энергии представить через логарифм её величины, то полученное распределение принимает степенно́й (гиперболический) вид. Так распределены уровни ветвления иерархического дерева.

Все рассмотренные паранепротиворечивые модели ценоза являются двухслойными, соединяющими конечность и бесконечность, аддитивность и мультипликативность, в одной для каждой модели своей форме. От одной паранепротиворечивой статической модели можно перейти к другой модели. Структура моделей — иерархическая ветвящаяся. Ей соответствует степенна́я (гиперболическая) структура.

1. Модель ценоза может включать лишь часть иерархической сети, но её тренд к бесконечности в любом случае очевиден. Этот тренд затрудняет нахождение границы ценоза. Границу можно найти только в том случае, если тренд остановлен из-за того, что размер минимальных элементов не может далее делиться. В противном случае границу ценоза устанавливают путём конвенции.

2. Удобным способом работы с бесконечным является совместное рассмотрение операций суммирования и повторяющихся действий (итераций). Суммирование позволяет получить целое из частей, а повтор (итерация), например при гиперболическом распределении элементов, теоретически может быть продолжен до бесконечности или остановлен искусственно. Объединение повторов можно получить через операцию “свёртки”. Совместное рассмотрение операции “суммирования” случайных величин с одинаковым распределением и операции “свёртки” этих же распределений лежит в основе оценки устойчивости гауссовых и негауссовых распределений.

3. Сообщества, объединяющие конечное и бесконечное, могут содержать не только материальный или энергетический ресурс, но и информацию — ресурс информационный. Более того, такая точка зрения позволяет утверждать, что ценозы не только самоорганизуются *без участия человека* и их можно находить в первой или во второй, искусственно созданной природе, но и то, что их можно специально изобретать (проектировать). Примером являются иерархические сети систем электроснабжения (1УР – 6УР).

4. Одним из способов работы с бесконечно большими числами является логарифмирование. Через логарифм определяют энтропию и количество информации. Логарифмирование — есть не только формальное действие, но и другая точка зрения на бесконечность, на нелинейность, на сумму и на произведение чисел. Логарифмирование чисел позволяет перевести операцию “умножения” (повтора) в операцию “суммы”. Логарифмирование степенны́х (гиперболических) распределений выделяет их периодичность, но на логарифмической шкале. Логарифмическая ось не имеет характерного масштаба, её декады (октавы) имеют один “размер” и для больших, и для малых значений чисел. Логарифмическая ось не имеет нуля, а потому удобна для работы с бесконечностью.

5. *P*-адичность целых чисел имеет геометрический образ в виде ветвящегося иерархического дерева. Такой же образ имеют некоторые виды фракталов.

6. Структура ценоза может быть сложным иерархическим деревом, состоящим из нескольких *p*-адических деревьев. Распределение всех элементов (или их размеров) иерархического ветвящегося дерева экспоненциально. Распределения всех уровней ветвления иерархического ветвящегося дерева степенно́е (гиперболическое).

7. Паранепротиворечивые статические модели ценоза позволяют исследовать его целостность, способы установления границы, гиперболическое *H*-распределение элементов, слабые (иерархические) связи между элементами.

5. **Динамические модели ценоза.** Динамические модели ценоза ориентированы на исследование формирования во времени его иерархической структуры. Эти модели могут быть итерационными либо с непрерывным временем. Примем за основу итерационный подход.

Вероятностная динамическая модель позволяет исследовать процесс накопления ресурса и формирования иерархической ветвящейся структуры. Получить такую модель можно, используя теорию ветвящихся процессов.

Способ получения динамической модели такой. Сначала фиксируют этапы ветвления иерархического дерева через накопление событий на них, а затем — через распределение временны́х промежутков, соответствующих рассматриваемому интервалу времени. Первый и второй подходы формализуют, затем формализованные выражения рассматривают совместно и получают динамическую модель ценоза. Критерием достоверности вероятностной динамической модели являются твёрдо установленные положения теории вероятностей, на которые она опирается, и полученные экспоненциальные и гиперболические распределения (выражения), соответствующие распределениям реальных ценозов (техноценозов). Для некоторых областей практической деятельности статистика, подтверждающая адекватность полученной модели, отсутствует. Этот факт является основной проблемой, препятствующей широкому распространению динамических моделей ценозов.

Вероятностная модель позволяет также оценить статистическую устойчивость ценоза. Распределение ценоза называют статистически устойчивым, если независимые случайные величины, распределённые по этому закону, в сумме дают такое же распределение, что и его составляющие. Для устойчивого распределения ценоза верно и то, что свёртка характеристических функций слагаемых распределений даёт характеристическую функцию с тем же распределением. Распределение ценоза называют безгранично делимым, если свёртка с любым числом составляющих имеет такое же распределение, как и распределение составляющих. Очевидно, что распределение, полученное на ветвящемся иерархическом дереве ценоза, при числе элементов, стремящихся к бесконечности, является устойчивым безгранично делимым распределением. Такое распределение относят к классу негауссовых распределений. Существенным отличием негауссовой статистики от гауссовой является то, что её дисперсия бесконечна, а распределения с нормальным законом имеют конечную дисперсию.

Модель ценоза на основе динамических гиперболических систем также позволяет оценить структурную устойчивость ценоза. Динамическая система представляет собой множество элементов, для которых задана функциональная зависимость между временем и положением в функциональном пространстве. Гиперболическая динамическая система в качестве функционального имеет гиперболическое пространство. Структурная устойчивость характеризует инвариантность структуры ценоза по отношению к малым деформациям. Для оценки структурной устойчивости гиперболической динамической системы используют гиперболический диффеоморфизм. Он представляет такое отображение гладкого многообразия в себя, у которого касательное пространство в любой точке представляют разложенным на два подпространства, одно из которых является растягивающим, а другое сжимающим. Гиперболическая динамическая система на гладком многообразии имеет такой гиперболический диффеоморфизм, что все неподвижные и периодические точки гиперболичны, а периодические точки, кроме того, всюду плотны.

Фрактальную модель ценоза можно рассматривать актуально как законченную конструкцию или потенциально — через итерации. Механизм построения фрактала — итерационный. Он позволяет перейти от одной точки пространства к следующей при помощи рекурсии. Фрактал открыт (придуман) Мандельбротом для того, чтобы измерять такие

объекты, которые ранее считались неизмеримыми. Фрактал имеет свою меру, метрику и размерность. Мера и размерность фрактала — хаусдорфовы. Мера фрактала обладает свойствами монотонности, полуаддитивности, аддитивности, однородности. Размерность фрактала удобно определять через конечную положительную меру. Она, как правило, является дробной. Распределение составляющих фрактала — степенно́е и обладает скейлингом, т. е. оно масштабно-инвариантно. Однородным функциям, обладающим масштабной инвариантностью, присуще интересное свойство: при изменении масштаба они воспроизводят сами себя. Существуют фракталы, относящиеся к "дендритам" (имеют структуру ветвящегося дерева). Если предположить, что на этой структуре распределён некий ресурс, то на фрактале определяют закон масштабирования. Это закон связывает два ресурса на одном носителе. Такая связь является степенно́й. Показатель степени этой связи — есть инвариант. Он представляет собой логарифм значения одного ресурса по основанию второго. Если считать, что ресурсы распределены на носителе неоднородно, то имеют дело с мультифракталом. Мультифрактал позволяет получить спектр инвариантов — показателей степеней. Фрактал, зависящий от времени, обладает свойством самоаффинности. Для такого реального фрактала находят показатель Херста, который связан с размерностью фрактала функциональной зависимостью. Реальные фракталы и ценозы имеют ограниченный диапазон существования. Выше и ниже определённых значений элементов закон самоподобия не выполняется, и скейлинг разрушается по объективным причинам.

6. **О практике применения ценозов и моделей ценозов.**

Ценозы представляют собой сложные системы (сообщества), в которых распределён материальный, энергетический, информационный ресурс. При распределении ресурса в ценозе формируется и эволюционирует иерархическая ветвящаяся структура (дендрит). Во многих случаях такую структуру нельзя наблюдать, но её всегда можно представить и воссоздать. Структура может состоять из нескольких иерархических деревьев. В момент формирования при определённых условиях структура может выродиться. Если считать, что иерархическая структура сформирована и существует, то возможно построить её статическую модель. Элементы иерархического дерева распределены по экспоненте, а уровни ветвления имеют степенно́е (гиперболическое) распределение. Ценозы встречаются в природе, технике, экономике, социологии и других областях науки и практики. Поскольку это так, то следует предположить, что при формировании ценозов присутствуют явления самоорганизации.

1. Термин "ценоз" впервые появился в составе термина "биоценоз" ещё во второй половине XIX века. Понятие "*ценоз*" как таковое стали употреблять во второй половине XX века. Появлению понятия предшествовали научные исследования сообществ с гиперболическими распределениями в частотной и ранговой формах.

2. Появление понятия "*ценоз*" обусловлено вовлечением в сферу практики сложных систем (объектов, сообществ), состоящих из множества разновеликих частей (элементов), которые нужно проектировать, эксплуатировать и ремонтировать. Понятие "ценоз" позволяет работать с бесконечным рядом величин и объектов. До его введения понятийный аппарат позволял работать только с единичными и конечными объектами.

3. Практика ценологии связана с негауссовой статистикой. Устойчивость гиперболических *H*-распределений традиционно обосновывают безгранично делимыми распределениями из теории вероятностей. У гиперболических распределений дисперсия бесконечна. В отличие от них дисперсия нормального закона конечна.

4. Паранепротиворечивые модели ценоза включают конечный ресурс и бесконечно ветвящуюся иерархическую структуру или сложную структуру, состоящую из нескольких деревьев. Для исключения противоречия иерархическая структура должна быть ограничена содержательными условиями. Например, реальным диапазоном ряда мощностей, реальным диапазоном ряда размеров. При разработке модели необходимо учитывать, что конечное удобно суммировать, а бесконечное — повторять (итерировать). В модели ценоза конечное аддитивно и измеримо, бесконечное — мультипликативно, присутствует только в тренде и ограничено содержательными условиями.

5. Примерами паранепротиворечивых статических моделей ценоза являются: числовая,

геометрическая, алгебраическая и термодинамическая модели.

Примерами динамических моделей ценоза являются: вероятностная модель ветвящихся процессов, модель на основе динамических гиперболических систем и фрактальная модель.

6. Целостность ценоза обусловлена иерархической структурой ветвящегося дерева.

7. Паранепротиворечивые модели ценоза позволяют отвечать на вопросы: о целостности ценоза, об установлении его границы, о самоподобии элементов, о гиперболическом *H*-распределении, о негауссовой статистике, о слабых связях между элементами, о распространении гипербол, о соотношении экспоненциальных и гиперболических распределений, о накоплении ресурса и появлении иерархической структуры, об устойчивости распределений в ценозе, об эволюции ценоза.

8. Ценозы не только находят в окружающем мире, их можно изобретать и проектировать. Для этого необходимо открывать законы ценологии и разрабатывать соответствующие методики.

horkov_07@mail.ru

Treatise on Cenosis

Khor'kov S. A.

There is no universally accepted definition of cenosis due to a contradictory character of the cenosis concept. The contradiction in the concept and model of cenosis arises because the value of the resource distributed in the elements is finite and additive, whereas the distribution of the elements according to the power law (hyperbole) is multiplicative and tends to infinity. It is possible to operate with a contradictory model if you deal with a real or ideally existing object, which would be a model and combine the opposite sides, i.e. both finite and infinite nature simultaneously. Moreover, such a model will make it possible to give such an explanation of the meanings and senses assigned to the model elements that it would be impossible to obtain without this model. A model that meets the specified requirements can be designated as paraconsistent. The types of paraconsistent static and dynamic cenosis models which operate in practice are presented.

Keywords: cenosis, paraconsistent cenosis model.

Вниманию читателей!

Кудрин Б. И. Античность. Символизм. Технетика. Изд. 2-е, испр., перераб. и доп. — СПб.: КСИ-Принт, 2019. — 107 с.

В монографии, написанной в реферативной форме, с технократических позиций и на основе опыта построения и обеспечения функционирования крупных заводов (городов), как техноценозов рассмотрена окружающая техническая реальность, которая начала диктовать свои требования к человеку и которая, по-видимому, уже вышла из-под его контроля. Использована статистика за десятки лет, охватывающая различные показатели деятельности предприятий, миллионы единиц-особей установленного и ремонтируемого оборудования. Исследована структура оборудования заводов, показана устойчивость структуры ценозов любой природы. Предложены основы технетики — науки о технической реальности. Рассмотрены основные законы и закономерности эволюции техники и технологии, показаны общность и специфика энергетического, естественного, информационного, документального и интеллектуального отборов, опирающихся на принцип наименьшего действия. Выделены точки наименьшего научно-технического прогресса. Показано, что современная теория самоорганизации, теория распознавания образов, фрактальные представления лишь повторяют путь, пройденный, в частности, символизмом и импрессионизмом. Предложены постулаты развития технической реальности, отличные от привычных постулатов классической физики. Строго определены на примере электрики ранговые и видовые гиперболические *H*-распределения, используемые для описания сложных нелинейных самоорганизующихся систем. Развиты представления о простых числах как основе всего сущего.

Для студентов, научных работников, специалистов технического и гуманитарного направлений, интересующихся проблемами философского осмысления технической реальности, глобального эволюционизма, практическими вопросами управления и развития больших систем, в частности, систем, изучаемых по направлениям "Электротехника" и "Электроэнергетика".